Asociación de Ingenieros del Uruguay Febrero 2013 68



Ingeniería

50 años de Socio - 2012



Asociación de Ingenieros del Uruguay



Quienes somos

La Asociación de Ingenieros del Uruguay es una asociación civil con finalidad gremial constituida para lograr los siguientes fines:

"Orientar el ejercicio de la profesión hacia el desarrollo del bienestar común, para la superación del gremio en beneficio de la Sociedad. Promover permanentemente el mejoramiento del Ingeniero, en el orden material, moral e intelectual".

La AIU fue creada el 12 de octubre de 1905, con personería jurídica reconocida por Resolución del Poder Ejecutivo de fecha 28 de julio 1922. En la actualidad cuenta con mil doscientos afiliados. Desde 1984 la Asociación cuenta con sede propia. En el año 2010 comenzó la remodelación de la misma, siendo reinaugurada un año después.

Es miembro fundador de la Agrupación Universitaria del Uruguay. En el ámbito internacional ha tenido una participación muy activa en la creación de la que fue primero en 1935, la Unión Sudamericana de Asociaciones de Ingenieros (USAI) y que a partir de 1949 se transformó en la actual Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros (UPADI). Desde 1951 a 1972, UPADI tuvo su sede en Montevideo, habiendo sido sus Presidentes los Ingenieros Luis Giannattasio (1951- 1961), Luis Giorgi (1961-1967) y Carlos Vegh Garzón (1967-1972). Además de a UPADI, está afiliada también a la Federación Mundial de Asociaciones de Ingenieros (WFEO-FMOI).

Misión

Fortalecemos permanentemente la institución para beneficio de sus asociados, de la profesión en general y de la sociedad. Velamos por el respeto hacia el trabajo profesional. Promovemos la comunicación y el intercambio técnico y de experiencias entre los asociados. Nos relacionamos con instituciones nacionales y extranjeras. Fomentamos la difusión del conocimiento, las actividades sociales y culturales estrechando vínculos entre los profesionales. Desarrollamos la solidaridad entre los ingenieros y la comunidad.

Visión

Ser reconocidos como una institución referente de la ingeniería nacional y contribuir mediante su superación al desarrollo de la ingeniería en el país, al progreso y bienestar social y a la dignificación profesional.

Cuareim 1492 – Montevideo – Tel.: (598) 2900 8951 – 2901 1762
aiu@adinet.com.uy – www.aiu.urg.uy – Twitter: @aingenierosu

CONTENIDO

Febrero 2013 / Nº 68

REDACTOR RESPONSABLE:

Ing. Mariana Bernasconi
Cuareim 1492

IMPRESO Y ENCUADERNADO EN:

Gráfica Mosca
Depósito Legal 358.055

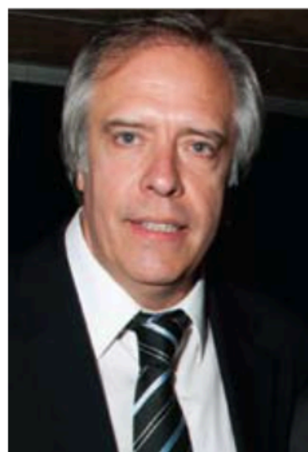
DISEÑO GRÁFICO:

Julieta Calzá

Precio del ejemplar: $100

ISSN 1510-6896

EDITORIAL



Nuevamente año de elecciones en la Asociación. Los afiliados habilitados deberán concurrir a ejercer su derecho los días 30 y 31 de mayo próximos. Se renovarán las autoridades, comenzará entonces un nuevo ciclo.

Esto ocurre en un momento en que el país presenta un crecimiento sostenido de su economía, con perspectivas razonablemente alentadoras.

La profesión como es lógico, no escapa a esta realidad, por el contrario, es actor privilegiado en la escena. Las áreas de actividad para las distintas ramas se encuentran fortalecidas con excelentes niveles de ocupación y empleo.
En diversos sectores, frente a esta situación de mercado, muchas de las empresas demandantes de profesionales del area enfrentan serias dificultades a la hora de pretender reclutar la mano de obra más calificada.

¿En qué área el profesional de la ingeniería no tiene actuación? Por supuesto que no en términos directos, pero incluyendo las formas indirectas, resulta muy difícil encontrar sectores en que la tecnología no brinde su aporte, ergo, la ingeniería siempre está.

En Uruguay se recibe un ingeniero cada 8000 habitantes. Esta relación, en países más populosos que el nuestro, testifica una mayor presencia de expertos. A modo de ejemplo, en Korea es uno cada 625 habitantes, en China, uno cada 2000 habitantes y más cerca nuestro, en Chile, uno cada 4500 mientras que en Brasil, uno cada 6000 habitantes.
La coyuntura demanda más profesionales, y las tasas nos señalan que hay camino para recorrer. La concreción no es sencilla.

Las causas de esta baja relación para nuestro país, entre profesionales y población son múltiples. A modo de ejemplo, la deserción estudiantil en la UDELAR para carreras de ingeniería, se encuentra actualmente en el orden del 50%. Aparecen aquí factores sociales, culturales, económicos, etc, que se deberán analizar, seria y profundamente, para que actuando sobre ellos se mejoren decididamente las expectativas de poder finalizar la carrera.
El desafío del país productivo no es menor. Se debe dar respuesta en el plazo más breve posible. No es responsabilidad particular de nadie, sino del conjunto de sectores que tienen ingerencia sobre el tema, No son pocos, y por tanto se deberá generar un ámbito ordenado y criterioso de colaboración entre éstos.

Las perspectivas estimulan al trabajo. El análisis de la situación actual debe permitir una planificación audaz y diferente, que facilite los necesarios cambios para que se desarrollen legítimamente más "profesionales del desarrollo". Cada vez más y más competentes.
En particular, la AIU en cumplimiento de su papel fundamental en la defensa de los intereses y derechos de sus asociados, deberá desarrollar un rol protagónico de liderazgo en la promoción de la profesión, dentro del desafiante entramado político, social, económico y tecnológico del que hemos hecho referencia.

Se presenta en mayo entonces un momento especialmente apropiado para que el socio, con su participación, sea protagonista de este desafío. No se debe actuar en forma indiferente, no se trata de un tema menor. ■

Ing. Lucas Blasina
Vicepresidente de la AIU

El traje nuevo del emperador

Según nos cuenta Andersen, basta que un niño enuncie una verdad evidente (El Rey está desnudo!) para que esta sea reconocida por todos. La dura realidad nos muestra que frecuentemente un niño, un loco, un sabio o un verdulero pueden exhibir y hasta demostrar una verdad sin lograr otra cosa que burlas, si esa verdad no es la que se esperaba. Citamos algunos incómodos ejemplos.



(1 - Emmy) Quienes han estudiado física han conocido leyes de conservación (ej. de la energía, ilustrada en un libro de Einstein con la transformación de cinética en potencial en una montaña rusa), pero aún los mejor informados suelen ignorar su significado. Este no solo no es obvio si no que si alguien por extraña casualidad lo encuentra descrito difícilmente podrá aceptarlo a menos que acceda a su demostración. Explicitémoslo:

CONSERVACION DE:	EQUIVALE A:
E Energía	La historia no cambia variando el origen del tiempo
p Cantidad de movimiento	La traslación no cambia nada
M Momento angular	No importa girar un ángulo 0 el universo
Q Carga	No importa que tomo como potencial 0

(No incluimos los relacionados con física cuántica, como número de leptones y de bariones).

Resulta sorprendente la relación que existe entre entidades que pertenecen a categorías tan diferentes. Ella no puede deducirse de la experimentación o la observación, y su obtención por lo tanto ilustra sobre la real naturaleza del conocimiento. Consultados sobre el tema numerosos profesores, decenas de textos de Física y libros sobre la naturaleza del conocimiento, no encontramos siquiera la mención ni la aceptación de lo expresado en el cuadro anterior; salvo apenas en dos obras de elevado nivel que no son de acceso fácil: ‘’Física de Partículas para Profesores del CERN” y “Curso de física teórica” del premio Nobel de Física Lev Landau. Este se limita a demostrarlo, sin extenderse sobre su alcance epistemológico. No es evidente que aceptando lo que figura en la 2a columna del cuadro se puede deducir la 1a , pero además de Landau lo prueba Emmy Noether en un teorema de 1918. Ha transcurrido casi un siglo y sin embargo se lo sigue ignorando y no se menciona en los cursos de física ni en los textos de carácter epistemológico. La brillante Emmy Noether, reconocida ella y sus aportes a la ciencia por Einstein y otros sabios, fue relegada por su condición de mujer y sigue actualmente ignorada.

(2 - Epiménides) Se han volcado ríos de tinta sobre diversas paradojas, ej. la del mentiroso, donde la contradicción surge al considerar como calificable de verdadera o falsa una proposición que no lo es (no es verdadera ni falsa); tanto sentido tendría sorprenderse si analizáramos una sentencia suponiendo que fuera positiva o bien negativa y esto nos condujera a una contradicción. (Puede verse este tema en la Revista No 1 - 1989 de Ingeniería; o bien en las Actas del VIII Congreso de Lenguajes Naturales y Lenguajes Formales, Universidad de Barcelona 1992; o bien en www.heliospazos.com).

Es frecuente suponer que las sentencias que parecen “Bien formadas” efectivamente lo son, (excluimos por ej. “los jueves son amarillos”) y entonces aristotélicamente les atribuimos el carácter de verdaderas o bien el de falsas, ignorando que quizás no son ni una cosa ni la otra. Algo similar ocurre cuando se espera una respuesta que solo debe ser “si” o “no”.

McCulloug ilustra la inconsistencia del pensamiento con un experimento sencillo: A un individuo se le pide que apriete uno de los botones marcados con "Sí" y "No" en función de la respuesta que considere correcta para cada pregunta que se le formule. Cuando se le pregunte "Apretará usted ahora el botón No? " entonces el individuo caerá en contradicción.

Si alguien cree que una pregunta que admite sí o no como respuesta entonces puede admitir solo esas, le plantearía: Usted se encuentra encerrado en una pieza de la cual debe y desea salir y tiene dos puertas, una lo conduce a donde será inexorablemente violado por un blanco y la otra ídem por un negro. En esas circunstancias, preferiría ser violado por un negro? Creo que son obvios los errores o contradicciones a que puede conducir el suponer ligeramente que una sentencia es verdadera o falsa; o que es adecuado un método que solo acepte sí o no como respuesta válida a toda pregunta. En las direcciones citadas se ejemplifica como el suponer "esta frase es falsa" como verdadera o falsa conduce a flagrantes contradicciones con la realidad.

(3 - Gödel) Gödel afirma, previo a su teorema de incompletitud, que una sentencia indecidible es verdadera, cosa que a priori parece obvia, pero el análisis muestra que no lo es. En los sitios citados en (2 - Epiménides) se puede ver dicho análisis. No se trata de invalidar las consecuencias del teorema (creo que el pensamiento no es formalizable o bien no podría probar su consistencia), pero el no ser verdadera la sentencia en cuestión le confiere especial sentido al hecho de ser indecidible. El análisis mencionado fue presentado en el VIII Congreso citado de la Univ. de Barcelona, donde el Prof. Rodríguez Consuegra fue invitado a disertar sobre las consecuencias filosóficas del teorema de Gödel. El examinó el trabajo presentado al respecto y luego de dos días expresó que no encontraba ningún error en lo expuesto, pero se negaba a creer que Gödel se hubiera equivocado, y pidió un plazo mayor para expedirse o rectificarse, cosa que nunca sucedió. En 1995 se presentó este análisis a Noam Chomsky, que opinó que a priori no podía ser correcto y lo derivó al entonces Presidente de la Association for Simbolic Logic, quien luego de estudiarlo manifestó: "No me parece convincente" sin señalar ningún error. Se buscaron otras opiniones calificadas (Instituto de Matemáticas de la Facultad de Ingeniería, Departamento de Lógica de la Facultad de Humanidades, Revistas de lógica, etc.) sin obtener respuesta ni indicación alguna de incorrección. Ignoro la importancia del error expuesto, Rodríguez Consuegra afirmó que si el planteo es correcto, la trascendencia es catastrófica. Esta situación se mantiene hace unos 30 años. Hans C. Andersen no nos habló del coraje necesario para decir: El Rey está desnudo!

Como dice Saint Exupéry en El Principito, lo esencial es invisible a los ojos.

Ing. Helios Pazos

La energía de las olas y sus posibilidades en Uruguay.

Introducción

En el marco de la convocatoria del Fondo Sectorial de Energía 2009 de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería (IMFIA) desarrolló el proyecto "URU-WAVE Evaluación de la utilización de la energía de las olas en Uruguay".

Los objetivos del proyecto fueron:

- Estudiar prospectivamente las tecnologías existentes para la generación undimotriz.
- Determinar el potencial undimotriz del país sobre la base del establecimiento del clima de olas en el mar territorial uruguayo.
- Construir la capacidad de estudiar convertidores de energía undimotriz (WEC por sus siglas en inglés) mediante modelación física y numérica.

En este artículo se presentan los principales aspectos de la temática y los resultados obtenidos en lo que respecta al segundo objetivo del proyecto: La determinación del potencial undimotriz de Uruguay.

La energía undimotriz

Recurso con alta densidad energética.

La energía de las olas o energía undimotriz se considera una forma indirecta de la energía solar. Las diferencias de temperatura en la Tierra generan el viento que al soplar sobre los cuerpos de agua dan lugar al oleaje. Una vez desarrolladas, las olas pueden propagarse largas distancias en aguas profundas disipando muy poca energía. Esta cualidad es la que hace que el recurso undimotriz se presente de forma más concentrada que otras fuentes de energía como la eólica o la solar. Además de la alta densidad energética y de ser renovable, limpia y autóctona, la energía undimotriz presenta otras ventajas como la proximidad entre las zonas de generación y consumo de la energía (Debido a que la mayoría de la población se concentra en la zona costera), la fiabilidad con la que se pueden hacer predicciones del recurso a corto plazo y su potencial impulso al desarrollo de ramas industriales anexas.

Fuente de energía del mar de mayor potencial.

La energía undimotriz es una de las cinco fuentes de energía del mar. Además de las olas, es posible aprovechar la energía de las mareas, de las corrientes, del gradiente térmico entre la superficie y las capas más profundas del océano, y del gradiente salino que se obtiene utilizando el mar como fuente de agua salada y un río o laguna como fuente de agua dulce. De las cinco, la undimotriz es la que se presenta como la más prometedora. Esto se debe principalmente a que el aprovechamiento de las otras cuatros fuentes está supeditado a condiciones más restrictivas que limitan los posibles lugares de emplazamiento. Por ejemplo, en Uruguay, la baja amplitud de la marea inviabiliza un emprendimiento mareomotriz. De la misma forma, difícilmente se encuentren sitios donde las corrientes tengan normalmente las velocidades (≈3 m/s) que requieren los dispositivos para generar energía a partir de las corrientes. Por su parte aprovechar el gradiente térmico es viable sola-

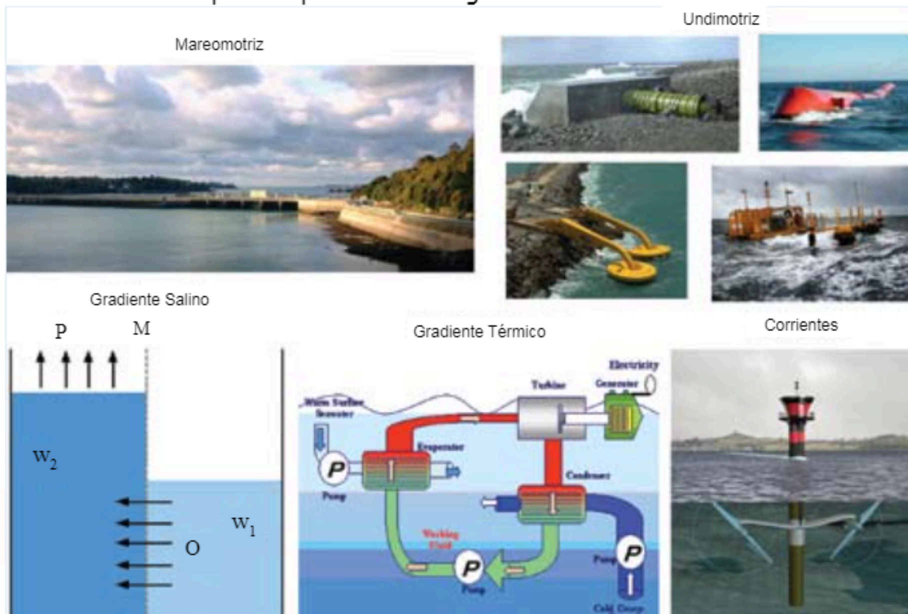


Figura 1-Fuentes de energía del mar

mente en zonas tropicales, mientras que aprovechar el gradiente salino implicaría la construcción de una planta en las proximidades de alguna de las lagunas costeras, lo cual sería fuertemente desaconsejable por su impacto ambiental. Por lo tanto se entiende que la undimotriz es la única fuente de energía del mar plausible de ser aprovechada en Uruguay.

Cálculo de la energía de las olas

Las olas transportan energía en forma de energía potencial gravitatoria, asociada a la elevación de la superficie libre respecto a su nivel de reposo y en forma de energía cinética, pues las partículas de la columna de agua se encuentran en continuo movimiento. La tasa a la cual se propaga la energía de una ola regular en aguas profundas es proporcional a su período (T) y a su altura (H) al cuadrado (Figura 2).

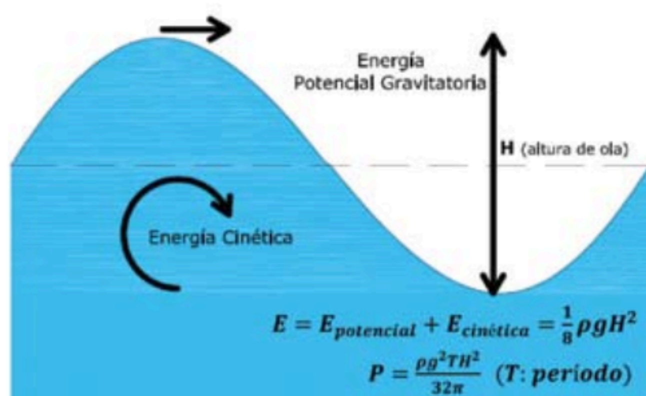
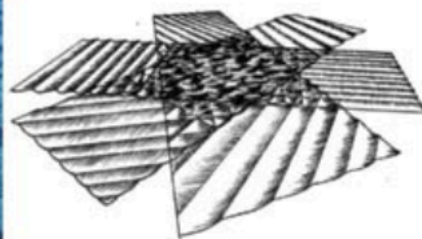


Figura 2 - Energía (E) y potencia (P) de una ola sinusoidal.

En la naturaleza el oleaje es irregular y para su descripción se recurre a un espectro como el que se muestra en la parte inferior derecha de la Figura 3. La potencia de un estado de mar se calcula integrando en el espectro el producto de la energía de cada componente por su velocidad de propagación.





$$P = \int_0^{\infty}\int_0^{2\pi} \rho g E(f,\theta) C_G \, df \, d\theta$$

($f = \frac{1}{T}$: *frecuencia*, θ: *dirección*, C_G: *velocidad de grupo*)

$$P = \frac{\rho g^2 {H_s}^2 T_E}{64\pi}$$ *Válido para aguas profundas*

(H_s: *Altura de ola significativa* ; T_E: *Período de Energía*)

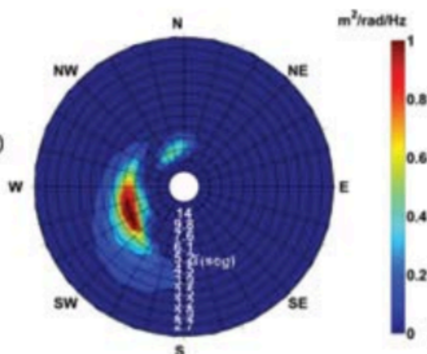


Figura 3 - Espectro de oleaje y cálculo de la potencia de un estado de mar.

Distribución global de la energía undimotriz.

Las zonas de mayor potencial undimotriz corresponden a los bordes occidentales de los continentes, en latitudes comprendidas entre los 40° y 60° (figura 4). Esto se debe a los Vientos del Oeste, constantes e intensos, que tienen lugar en estas latitudes. La magnitud del recurso, sumado a la tradición naval y de explotación de petróleo y gas en plataformas continentales, de los británicos, explica porque el mayor desarrollo de la energía undimotriz tiene lugar en el Reino Unido. En la Figura 4 se aprecia que la zona del Atlántico Sur próxima a Uruguay presenta un potencial medio.

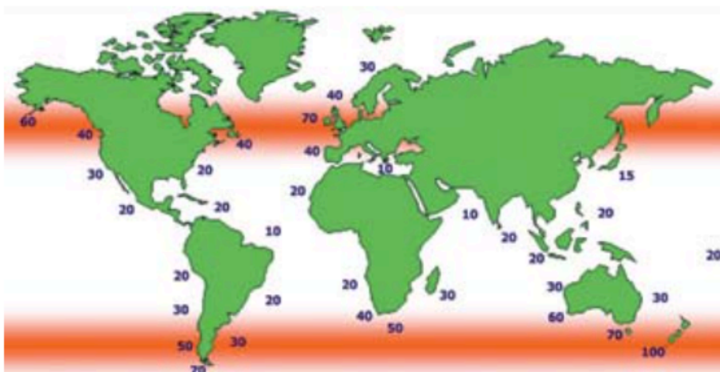


Figura 4 - Distribución global de la energía undimotriz. Tomado de Centre for Renewable Source,2006.

Evolución histórica y actual nivel de desarrollo de la industria undimotriz.

El aprovechamiento de la energía de las olas, es un objetivo planteado desde hace más de dos siglos. La primera patente al respecto data de 1799. No obstante, y como ha ocurrido con otras fuentes de energía renovables, es a partir de la crisis del petróleo de 1973 que se empiezan a registrar algunos esfuerzos continuos con realizaciones concretas en este campo. Los notables incrementos que ha tenido el precio del petróleo en la última década, agregados a la voluntad de varias naciones de propulsar el desarrollo de fuentes energéticas no contaminantes e independientes de los hidrocarburos, ha impulsado fuertemente el desarrollo de la energía undimotriz en diversos países.

La tecnología de aprovechamiento de la energía undimotriz se encuentra en una etapa de desarrollo inicial, caracterizado por la existencia de diversos proyectos basados en diferentes propuestas de conversión de la energía de las olas, pudiéndose identificar alrededor de 70 empresas de desarrollo. En los úl-

timos años se ha producido una notoria aceleración en el desarrollo de estas tecnologías, caracterizada por una fuerte inversión en el sector y el desarrollo en etapa pre-comercial de diversos emprendimientos, varios de los cuales ya han sido conectados a la red eléctrica. Es esperable por lo tanto que en los próximos años se producirá, a nivel mundial, un desarrollo de este sector equivalente al producido en los últimos 25 años para la energía eólica.

Clasificación de los dispositivos de conversión (WECs)

La clasificación que se presenta a continuación sigue la que aparece en el Informe: "Estado del Arte de la Energía Undimotriz", elaborado por el Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria para el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, año 2010, y coincide con los criterios más usuales empleados internacionalmente. De acuerdo a esos criterios los dispositivos de conversión de la energía de las olas se pueden clasificar:

I. Por su ubicación respecto a la costa.
II. Por el principio de funcionamiento o captación.
III. Por el tipo de impacto de la ola en el dispositivo.

I. POR SU UBICACIÓN RESPECTO A LA COSTA SE DISTINGUEN:

Equipos costeros (shoreline):

Los equipos costeros son en general estructuras montadas en puntas rocosas, escolleras, o sobre el lecho marino inmediato a ellas, que contienen dispositivos capaces de aprovechar la energía undimotriz de diversas maneras.

Equipos cercanos a la costa (nearshore):

Son equipos instalados en el mar, cerca de la costa y con profundidades de menos de 20 m. Aprovechan fundamentalmente el hecho de que más del 90% de la energía del oleaje llega a las zonas costeras. Además a estos sistemas se puede acceder con embarcaciones menores y la transmisión de energía a tierra no requiere largas cañerías o cables eléctricos.

Equipos lejanos a la costa (offshore):

Se trata de dispositivos flotantes o sumergidos ubicados en aguas profundas (50-100 m). Son capaces de explotar el mayor potencial energético existente en alta mar. Existen diversos tipos de WEC que operan en esta condición, en fase experimental. Sin embargo, su desarrollo hasta el momento se ha visto retrasado porque deben hacer uso de tecnologías muy fiables y costosas que garanticen su supervivencia en un medio hostil y alejado de la costa.

II. POR EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO O CAPTACIÓN SE DISTINGUEN:

Equipos que operan por diferencias de presión en un fluido:

Son dispositivos basados en el aprovechamiento de la diferencia de presión creada por el oleaje en un fluido, normalmente aire, que opera como medio de transferencia. Existen dos sistemas que han alcanzado un fuerte nivel de desarrollo: Sistemas de Columna de Agua Oscilante y Sistemas que operan por "efecto Arquímedes".

El sistema COLUMNA DE AGUA OSCILANTE (OSCILLATING WATER COLUMN – OWC) consiste en una cámara semi-sumergida que está abierta por la parte inferior de forma que el movimiento de las olas hace subir y bajar el nivel de agua en la misma, desplazando el volumen de aire interno. Cuando la ola incide, el aire se comprime dentro de la cámara y sale al exterior a través de una turbina. Del mismo modo, cuando la ola se retira, el aire fluye hacia el interior de la cámara accionando nuevamente la turbina, que requiere un diseño especial para hacerla girar en el mismo sentido con un flujo bidireccional.
En los sistemas que operan por "efecto Arquímedes" se aprovecha el movimiento de una o más boyas con movimiento vertical para producir un campo electromagnético moviendo un generador lineal, contenido en una cámara. El principio de funcionamiento se

basa en la fluctuación de la presión estática originada por la oscilación del nivel del agua al paso de la ola. Básicamente el equipo funciona por medio de una cámara de aire cerrada que puede variar su volumen en función de la presión a la que es sometida. La parte inferior de la cámara se fija al fondo, mientras que la superior puede desplazarse verticalmente. El aire de la cámara se comporta como un resorte cuya rigidez puede modificarse bombeando agua hacia el interior o exterior de la misma (cambiando así el volumen de la cámara).

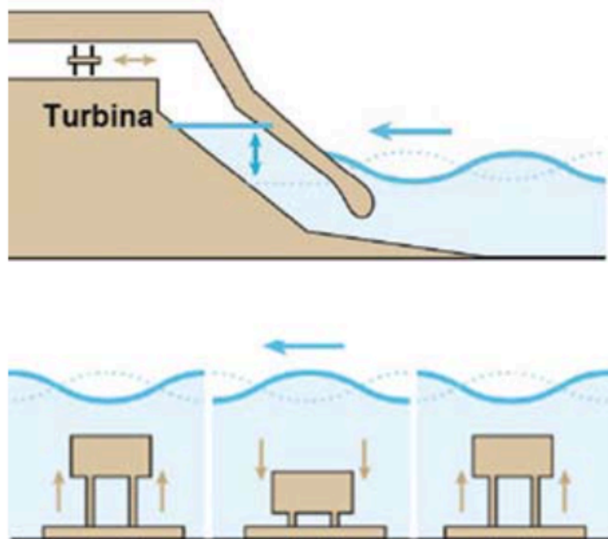


Figura 5 - Esquema de funcionamiento de: Columna de Agua Oscilante (OWC) (izq.) y equipo que opera por "efecto Arquímedes" (der.)

Equipos formados por cuerpos flotantes activados por las olas:

Se trata de dispositivos constituidos por un cuerpo flotante que es movido por las olas. El movimiento oscilatorio que se aprovecha puede ser vertical, horizontal, en torno a un eje (cabeceo) o una combinación de los anteriores. Por otra parte, este movimiento puede ser absoluto, entre el cuerpo flotante y una referencia fija externa (anclaje al fondo o lastre), o bien movimiento relativo entre dos o más cuerpos. Los dispositivos que utilizan una referencia fija son los más abundantes. En estos casos, los esfuerzos a los que son sometidos los amarres de los WECs son importantes; además, estos equipos son sensibles a las mareas, y su instalación y mantenimiento resultan complejos. Los dispositivos basados en el movimiento relativo no presentan estos inconvenientes, sin embargo su dificultad reside en cómo conseguir una referencia fija interna sin pérdida apreciable de rendimiento.

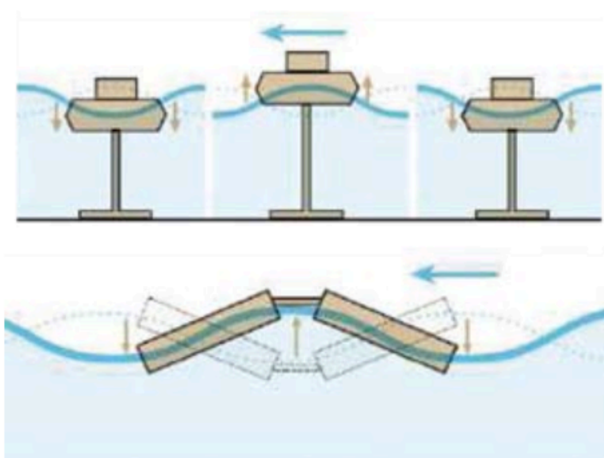


Figura 6 - Esquema de funcionamiento del Cuerpo Boyante con Referencia Fija (izq.), con Referencia Móvil (der.)

De todos los dispositivos existentes, el que está en una fase más avanzada de desarrollo es Pelamis de la compañía escocesa Pelamis Wave Power. También se destacan otros sistemas como el CETO, y el Poseidón Wave Power, que se asocia además con un aprovechamiento eólico.

Equipos que operan por rebosamiento:

Los sistemas de rebosamiento están diseñados para que el agua pase por encima de la estructura y luego propulsen turbinas hidráulicas. Se conocen sistemas de rebosamiento costero y offshore. Los primeros no son muy frecuentes ya que requieren la conjunción de una serie de características naturales en el emplazamiento y el costo de la obra civil requerida es elevado. Un sistema de rebosamiento puede incluir eventualmente un depósito que almacene agua. Los dispositivos que almacenan agua en un depósito en altura utilizan algún tipo de concentrador (canal en cuña o parábola) para incrementar la altura de las olas. Un sistema offshore representativo es Wave Dragon desarrollado en Dinamarca por la empresa del mismo nombre.



Figura 7 - Esquema de funcionamiento del Dispositivo de Sobrepasamiento.

III. POR SU ORIENTACIÓN RESPECTO AL OLEAJE SE DISTINGUEN:

Absorbedores puntuales:

Son sistemas Indiferentes a la dirección de propagación de la ola. Suelen ser cilíndricos (simetría axial)

y son capaces de captar no sólo la energía de la porción de la ola directamente incidente, sino también la de un entorno más amplio. Generalmente se colocan varios absorbedores puntuales agrupados formando una línea. Los absorbedores puntuales suelen basarse en sistemas tipo boya, como el sistema AquaBUOY de la compañía irlandesa Finavera Renewables o PowerBuoy de la empresa estadounidense Ocean Power Technologies.

Totalizadores o terminadores:

Se trata de dispositivos alargados situados perpendicularmente a la dirección del avance de la ola (paralelos al frente de la ola). Su anchura eficaz de captación es igual a su longitud. En la práctica, los terminadores tienen una longitud finita y por lo tanto, cuanto más corto sean, más se comportarán como un absorbedor puntual. Ejemplos: Rectificador Russell, Pato Salter.

Atenuadores:

También se denominan absorbedores lineales. Consisten en estructuras alargadas, colocadas en paralelo a la dirección de avance de las olas, de forma que van extrayendo energía de modo progresivo y direccional. En los dispositivos atenuadores el ancho eficaz de captación se amplifica considerablemente ya que, debido a su geometría, extraen la energía de la ola progresivamente. Además están menos expuestos a daños y requieren menores esfuerzos de anclaje que los terminadores, pues las fuerzas se compensan a ambos lados de la estructura, siendo capaces de captar energía por ambos lados de la misma. Un ejemplo es el dispositivo Pelamis.

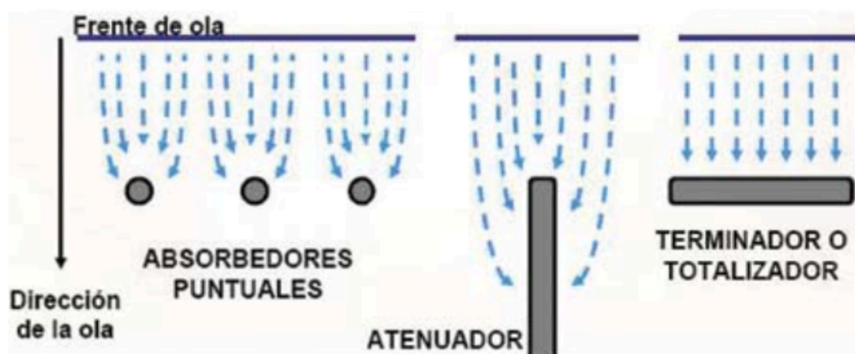


Figura 8.- Esquema de la clasificación de los WEC de acuerdo a tamaño y orientación.

Costos

Los costos varían mucho dependiendo principalmente de las características del lugar de emplazamiento y del tipo de WEC. Los costos que se encuentran publicados en general refieren a prototipos de gran escala. Estos son más altos que los que se obtienen mediante otras fuentes de energía que ya se encuentran en una etapa de madurez tecnológica. De todas formas se prevé un descenso tanto en el corto plazo como en el mediano y largo plazo. En el corto plazo como consecuencia de mejoras conceptuales en los diseños y del desarrollo de la ingeniería de detalle, mientras que en el mediano-largo plazo producto de la economía de escala y del aprendizaje de la industria a medida que aumenta la capacidad instalada.

En el reporte del año 2011 del programa Marine Energy Accelerator llevado adelante por Carbon Trust se establece que los costos de los emprendimientos evaluados durante el programa se encuentran entre 500 y 750 U$S/MWh, estando previsto un descenso brusco a 290 U$S/MWh producto de mejoras en los diseños y de la ingeniería de detalle. Tomando este valor como costo de base y considerando tasas de aprendizaje correspondientes a industrias similares (0.75-0.95) se alcanzarían costos menores a 50 U$S/MWh en algún momento del período 2020-2035.

Por otro lado si se toma como referencia el informe 2010 de la Agencia Internacional de Energía (IEA), allí estiman que la inversión de capital de un emprendimiento de generación undimotriz varía entre 3000 y 5000 U$S/kW al año 2010 y se estima su descenso a 2000-2450 U$S/kW al año 2050. De la misma forma estiman

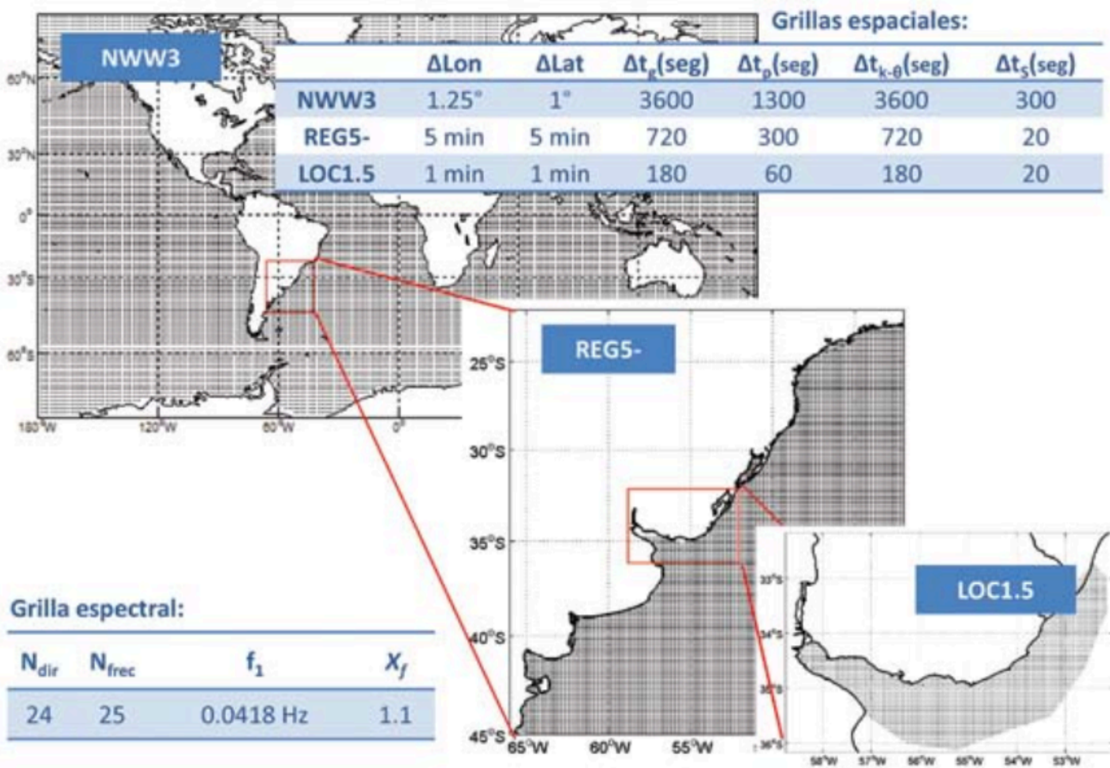
que los costos de producción al año 2010 son de 120 U$S/kW/año y estiman un descenso a 66 U$S/kW/año para el año 2050. Estas estimaciones se basan en los emprendimientos llevados adelante en Estados Unidos y no tienen en cuenta el costo de conexión a la red eléctrica.

Si bien los costos actuales expuestos en uno y otro informe difieren, las proyecciones al mediano-largo plazo son coincidentes. Se destaca que los costos previstos para la etapa de madurez tecnológica son sensiblemente menores a los precios que se pagan actualmente en Uruguay por la energía generada a partir de fuentes renovables.

El potencial undimotriz de Uruguay

Metodología

El potencial undimotriz teórico (También llamado bruto o meteorológico. Refiere al potencial del recurso natural independientemente de la tecnología de conversión) de Uruguay fue evaluado a partir de la información obtenida de modelar el oleaje correspondiente a toda la zona marítima del país y a un extenso período de tiempo.
Se utilizó el modelo de tercera generación WAVEWATCH III (Tolman 1997, 1999a, 2009). El mismo fue implementado en el clúster de servidores de cálculo Cluster-FING, permitiendo a partir de la información del campo de viento en superficie, calcular los estados de mar con una resolución espacial de 1.5 km en la plataforma continental de Uruguay y el estuario del Río de la Plata. En la Figura 9 se presentan las grillas de cálculo y sus principales características.



	ΔLon	ΔLat	Δt_g(seg)	Δt_p(seg)	$\Delta t_{k-\theta}$(seg)	Δt_s(seg)
NWW3	1.25°	1°	3600	1300	3600	300
REG5-	5 min	5 min	720	300	720	20
LOC1.5	1 min	1 min	180	60	180	20

N_{dir}	N_{frec}	f_1	X_f
24	25	0.0418 Hz	1.1

Figura 9 - Grillas de cálculo implementadas.

Los datos de entrada al modelo son los campos de viento a 10 metros de altura obtenidos del reanálisis NCEP-CFSR (Saha et.al., 2010). La calibración consistió en contrastar los resultados obtenidos con mediciones in-situ y datos satelitales de oleaje. Las mediciones in-situ corresponden a una boya del tipo Waverider de la empresa Datawell localizada en la zona exterior del estuario y a un perfilador de corrientes acústico Doppler (ADCP) instalado en el estuario en las proximidades de Montevideo. Los datos satelitales fueron obtenidos de la base de datos del proyecto GlobWave (Ash et.al, 2010). En la Figura 10 se presenta la localización de los puntos de medición in-situ y las trayectorias de los satélites.

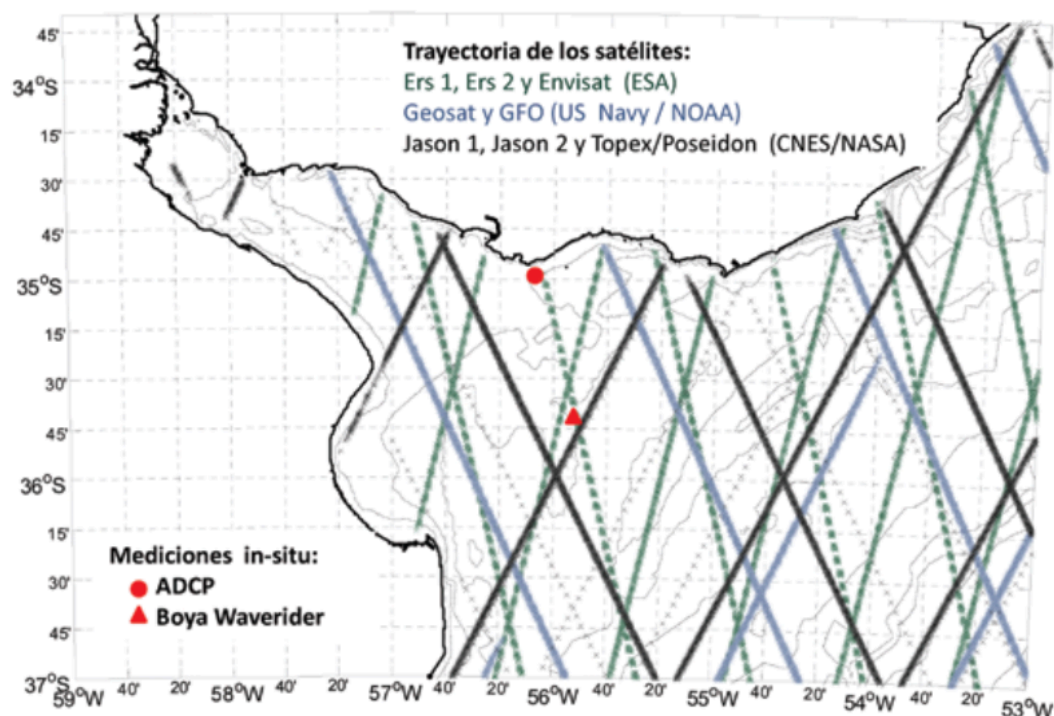


Figura 10.- Ubicación de los instrumentos y trayectoria de los satélites que permitieron obtener datos de oleaje.

Con el modelo calibrado se simuló el período 1980-2010. Las salidas del modelo son los campos de los principales parámetros descriptores del oleaje así como los espectros completos en veinte boyas virtuales. En la Figura 11 se presenta la ubicación de dichas boyas. Diecisiete de ellas se localizaron distribuidas a lo largo de la costa atlántica en profundidades que se encuentran en el entorno de los 20 metros. Mientras que las tres restantes se localizaron distribuidas en el estuario.

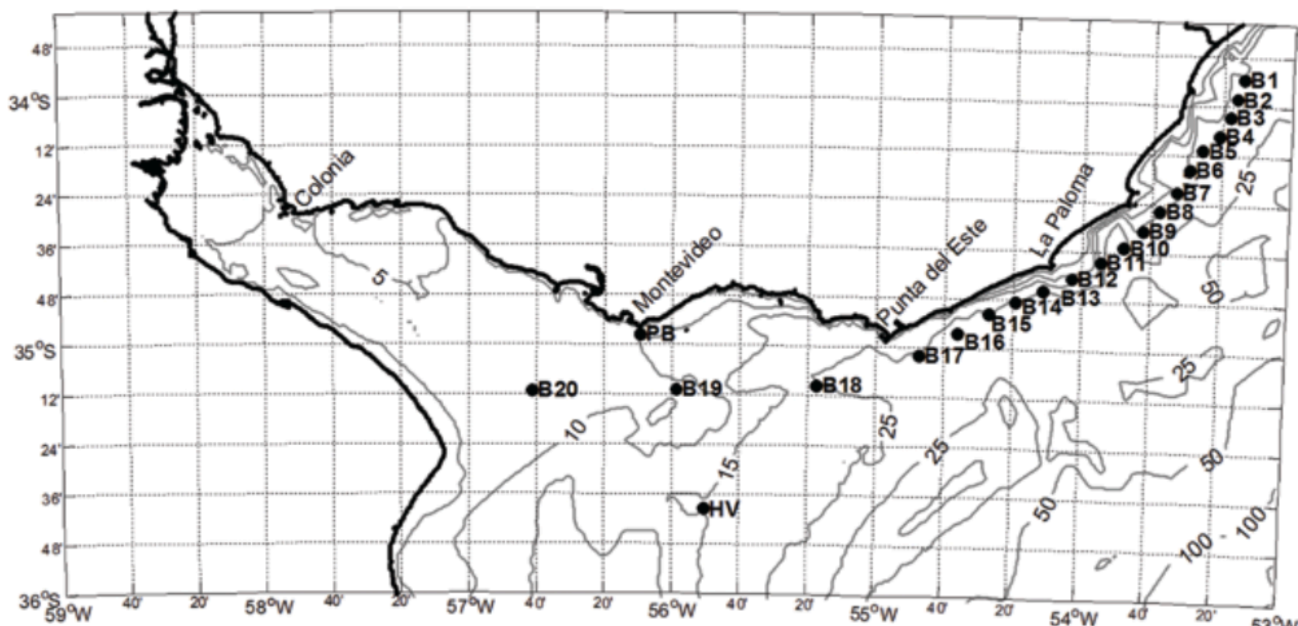


Figura 11 - Ubicación de las boyas virtuales.

Resultados

En la Figura 12 se presenta el mapa de potencia promedio del oleaje, mientras que en la Figura 13 se presentan diagramas de caja de la potencia del oleaje en cada boya virtual.

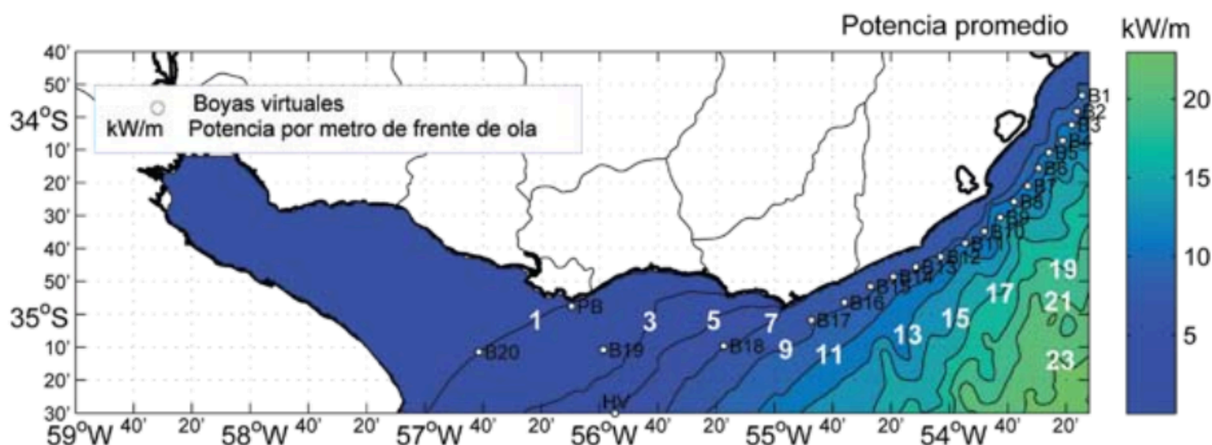


Figura 12 - Mapa de potencia undimotriz del Uruguay.

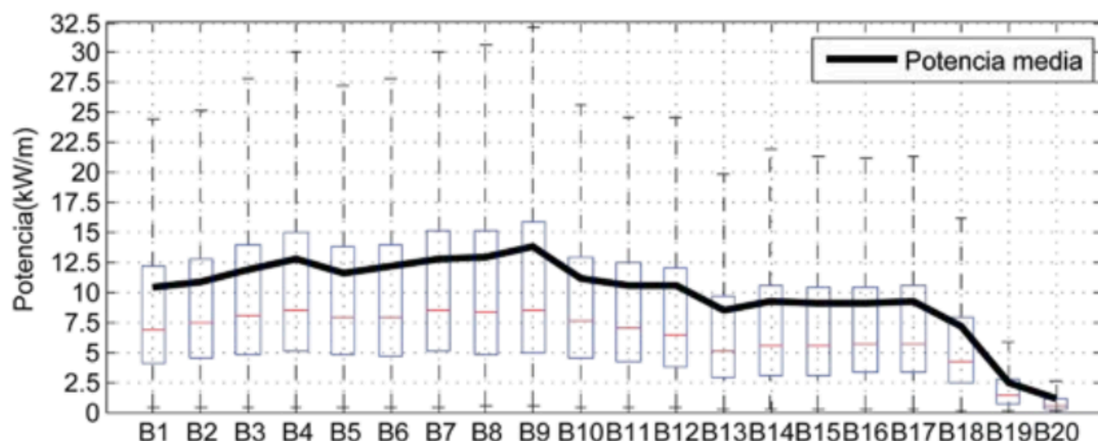


Figura 13.-Cuartiles y promedio de la potencia del oleaje obtenida en las boyas virtuales.

En la plataforma continental, a mayores profundidades, el potencial aumenta. En este sentido se obtuvo una potencia promedio de 20 kW/m a 70 km de la costa y una potencia promedio de 30 kW/m a 200 km de la costa. Por el contrario, adentrándose en el estuario, el potencial decae fuertemente, obteniéndose valores de potencia media en la zona media e interior del estuario un orden menor que los valores obtenidos en la plataforma continental.

En las boyas virtuales correspondientes al tramo Punta del Este - La Paloma (B13-B17) se obtuvieron valores de potencia media que varían entre 8.5 y 9.3 kW/m, mientras que en el tramo La Paloma - Chuy (B1-B12) se obtuvieron valores de potencia media que varían entre 10.4 y 13.8 kW/m. Integrando estos resultados se obtiene que a profundidades de 20 metros y a lo largo de los 200 km de costa atlántica, la energía media anual del oleaje es de 19.3 TWh. Cabe mencionar a modo de referencia que este valor duplica el actual consumo anual de energía eléctrica del país.

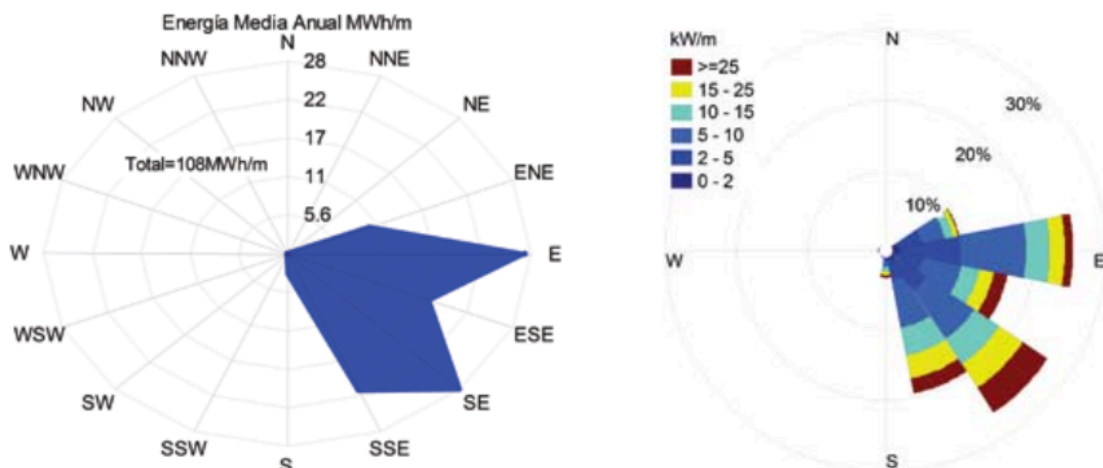


Figura 14 - Rosa de potencia (izq..) y distribución direccional de la energía (der.). Boya virtual B6.

En la Figura 14 se presenta una rosa de potencia y la distribución direccional de la energía obtenida en una de las boyas. En la Tabla 1 se presenta, para la misma boya, la distribución del potencial de energía en rangos de altura de ola significativa y período pico. Estas tablas permiten identificar las condiciones de oleaje que contienen la mayor cantidad de energía, proporcionando así una herramienta para la elección del WEC más adecuado para nuestras costas.

Hs(m)		Tp(s) <2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	>14	Total
<0.5	%Total	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0%
	E(KWh/m)	0.0	0.0	12.0	29.0	35.4	28.7	21.1	43.9	170.1
0.5-1	%Total	0.0%	0.0%	0.8%	6.0%	6.6%	2.2%	1.6%	1.1%	18%
	E(KWh/m)	0.0	42.0	833.2	6699.9	7575.5	2344.0	1547.5	1263.7	20305.7
1-1.5	%Total	0.0%	0.0%	3.5%	7.8%	14.4%	8.6%	4.5%	2.4%	41%
	E(KWh/m)	0.0	51.1	3841.3	8491.2	15379.8	9510.6	4767.3	2504.3	44545.5
1.5-2	%Total	0.0%	0.0%	1.6%	5.0%	5.5%	6.3%	4.3%	1.5%	24%
	E(KWh/m)	0.0	4.8	1744.7	5627.1	5711.0	6745.8	4898.7	1713.9	26446.2
2-2.5	%Total	0.0%	0.0%	0.1%	2.1%	2.0%	2.3%	2.2%	1.0%	10%
	E(KWh/m)	0.0	0.0	93.5	2178.8	2118.8	2373.8	2322.8	1137.9	10225.5
2.5-3	%Total	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%	1.0%	0.9%	0.9%	0.6%	4%
	E(KWh/m)	0.0	0.0	1.9	464.6	948.7	878.4	840.1	564.4	3698.2
3-3.5	%Total	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%	1%
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0	54.1	370.8	334.9	306.5	257.5	1323.9
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.1%	0.2%	1%
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0	3.3	93.7	152.0	147.8	123.2	520.0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%	1%
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0	0.6	46.9	182.8	130.4	146.7	507.5
Total		0%	0%	6%	21%	30%	21%	14%	7%	
		0.0	97.9	6526.6	23548.8	32280.6	22551.0	14982.1	7755.5	107742.4

- % de Ocurrencia: 62.4 %
- % de la Energía media: 63.2 %

Tabla 1.- Distribución del potencial undimotriz en rangos de altura de ola significativa y período pico.

Se observa que el oleaje que contribuye mayoritariamente al potencial undimotriz se caracteriza por presentar altura de ola significativa entre 0.5 y 2 m, período pico entre 6 y 12 segundos y provenir del cuadrante E-S. En cuanto a la variación estacional del recurso, se obtuvo que el 56 % de la energía media anual se debe al

oleaje que tiene lugar en otoño e invierno y que en estas estaciones predomina el oleaje del sureste, a diferencia de las estaciones de primavera y verano donde predomina el oleaje del este. Mientras que en lo que refiere a la variación inter-anual, se destaca que la misma es poco significativa, siendo la desviación estándar de la energía media anual menor al 10% de su valor promedio.

6 Conclusiones

La magnitud del potencial energético del oleaje estimado en este estudio permite vislumbrar a la energía undimotriz como una alternativa capaz de realizar un aporte significativo a una matriz energética nacional sostenible. Sin embargo, tanto las limitaciones tecnológicas como los conflictos de uso de la zona costera hacen que solo sea posible aprovechar una fracción de este potencial. Estimar la fracción aprovechable de la energía undimotriz requiere mayores estudios, los cuales deberán considerar tanto los aspectos tecnológicos de los dispositivos de conversión como los aspectos económicos y ambientales de este tipo de emprendimientos.

Las vías de avance hacia la obtención de energía undimotriz en Uruguay no quedan totalmente definidas. Las elevadas inversiones iníciales que implica el desarrollo de esta tecnología junto con su relativa inmadurez, determinan la necesidad de recorrer un imprescindible camino de avance en el conocimiento tecnológico y de desarrollo en etapas. La capacidad técnica científica del país a nivel humano, la relativa experiencia en el área de la navegación y mantenimiento de sistemas marinos (Boya petrolera de ANCAP), junto con la necesidad por demás imperiosa y evidente de ampliar la matriz energética, hacen que ese camino deba comenzar a transitarse cuanto antes. Las instituciones dedicadas a la promoción de la actividad innovadora e investigativa, junto con los sectores académicos, aunando necesariamente el interés de empresas públicas y privadas, deberían en un futuro inmediato afrontar el desafío de que el camino referido se inicie.

Finalmente se destaca que los resultados del proyecto en lo que refiere a la obtención del clima de olas en toda la zona marítima del país constituye un insumo de primordial importancia para toda actividad que se desarrolle en la zona costera, el estuario y la plataforma continental. En particular, se destaca su relevancia en lo que refiere a la gestión integral de puertos y costas. Esto se debe a que el oleaje es la principal solicitación a la que se expone la infraestructura portuaria y costera, es una de las principales variables que condiciona las actividades que se desarrollan en el mar (transporte marítimo, operativa de boya petrolera, etc.) y se trata del principal agente forzante de la dinámica costera.

Referencias Bibliográficas

Alonso, R. 2012. Evaluación del potencial undimotriz de Uruguay. Tesis de Maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada.

Ash, E.R. and Collard F. 2010. Product User Guide, ESA Globwave Project Deliverable D9, Logica. UK.

Carbon Trust, 2011. Accellerating Marine Energy. The potential for cost reduction – insights from the Carbon Trust Marine Energy Accelerator. UK.

CRES (Centre for Renewable Source), 2006. Ocean Energy Conversion in Europe. Current status and perspectives.

IEA (International Energy Agency), 2010. Energy Technology Perspectives. Scenarios & Strategies to 2050. OECD/IEA, Paris.

IMFIA, 2011. Dispositivos para la conversión de la energía proveniente del oleaje (WEC) y estudio primario de su aplicabilidad en Uruguay. Proyecto ANII FSE-2009-12.

Instituto de Hidráulica Ambiental. Universidad de Cantabria. 2010. Estado del Arte de la Energía Undimotriz. Informe Interno.

Tolman, H.L. 2009. User manual and system documentation of WAVEWATCH III version 3.14.,USA.

Saha, S., et.al. 2010. The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. Bulletin American Meteorological Society, Vol. 91, No. 8, pp. 1015-1058.

Ing. Luis Teixeira,
Rodrigo Alonso Hauser,
Eduardo Goldsztejn,
Sebastián Solari.

Fiesta de Fin de Año 2012





50 Años de Socio y Profesión




















7









Ingenieros destacados 2012



Los Ingenieros Destacados 2012 junto a los directivos de la AIU.

Entrevista al Ingeniero Destacado 2012:
Ing. Industrial Néstor Macé

Dado que no se están recibiendo la cantidad suficiente de ingenieros por año, que acompañe el desarrollo del país, ¿cómo incentivaría el estudio de ingeniería en Uruguay?

Hay varias razones que inciden en la decisión de estudiar Ingeniería. Entre ellas, podemos enumerar:

A- El gusto por los estudios más afines a la Ingeniería.
Una mejora sustantiva en el dictado de los cursos de Secundaria relativos a las Ciencias y a las Matemáticas es indispensable para evitar incentivos negativos en este aspecto.
Este problema se encuentra a nivel mundial. Por ejemplo, la Universidad estatal en San José, California, implantó un programa de cursos de ayuda en Matemáticas y Ciencias para estudiantes poco favorecidos, previo a la entrada a la Universidad. Según los datos en su sitio en Internet, el resultado ha sido bueno. Es una posibilidad a analizar.
B- El interés que pueda despertar el conocimiento de las posibilidades de desarrollo personal que permite el estudio de la Ingeniería.

Actividades del tipo de las de los Clubes de Ciencias motivan más que otras actividades más formales. La posibilidad de que los jóvenes, en estos grupos, aborden tareas de investigación y de diseño de dispositivos en general sin teoría ni experiencia previa,



El Ing. Néstor Macé recibiendo el reconocimiento al Ingeniero Destacado 2012 por el Ing. Marcelo Erlich, Presidente de la AIU.

despierta el interés y muestra mucho de la parte más interesante de la vida de un ingeniero.

En un espíritu similar al anterior, en la Facultad de Ingeniería (UDELAR), se están realizando actividades en el primer año en las que los estudiantes construyen sistemas bastante elaborados con poca teoría previa. En muchos casos debe ser importante para aquellos estudiantes que no se sientan atraídos por varios años de enseñanza de sólo ciencias básicas. Claro que aquí, los destinatarios ya son estudiantes de Ingeniería.

Dado que es necesario incrementar el porcentaje egresados/ingresados, ¿que propondría Usted?

NO propondría una disminución de las exigencias para lograr el título de Ingeniero.
Me parece que una solución es la existencia de títulos de nivel intermedio con el entramado necesario para asegurar una gran movilidad entre las distintas alternativas. Que sea posible el pasaje al nivel más elevado a partir de los intermedios o que alguien que perseguía un título más elevado pueda pasar a estudiar para uno intermedio.

Es indispensable una concertación entre las prestaciones de los agentes, UDELAR, UTU, Universidad Tecnológica, que no deberán superponer esfuerzos y que deberán acordar la forma de que los niveles de los cursos en los distintos centros permitan manejar la movilidad que se menciona arriba.

¿Como entiende se podría estimular que el Uruguay se transforme en un polo de investigación y desarrollo tecnológico?

Existen en el Uruguay y ahora, polos de desarrollo tecnológico a nivel de Ingeniería Eléctrica. Fueron generados por técnicos muy capaces y por gente con visión del negocio capaz de sustentar el desarrollo y con la capacidad de gerenciar recursos técnicos.

Hace muchos años, ANTEL fomentó fuertemente el desarrollo nacional de sistemas de comunicaciones de alta tecnología. El resultado fue excelente y determinó la aparición de un polo de desarrollo con múltiples ramificaciones.

Creo que las empresas estatales están en condiciones de crear condiciones similares. Requiere la definición de grandes líneas de desarrollo y una apuesta a proveedores confiables. Nadie puede decir que sea una tarea sencilla.

Cuál es el papel que debe jugar la AIU en las decisiones de infraestructura en Uruguay?

Sería muy importante que tuviera un rol activo. Yo lo veo como formando grupos de trabajo encargados de estudiar cada problema tratando de incluir de alguna forma todas las corrientes de opinión existentes dentro de la AIU.
Lo veo como un procedimiento similar al que usa el IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*), que genera una parte muy importante de los estándares que se utilizan en comunicaciones, protecciones, etc., incluso a nivel mundial.

Otro problema es qué hacer para que la opinión de la AIU sea requerida o tenida en cuenta.

¿Está de acuerdo con la Universidad Tecnológica? ¿Piensa que la formación académica de los docentes puede ser una limitante?

Estoy de acuerdo en tanto se den algunas condiciones. Entre ellas:

A.- Que exista una concertación entre las varias instituciones estatales.
Creo que un punto crítico es la decisión sobre cuáles serán los cursos, carreras, títulos.
Hay muchas experiencias fallidas en torno a cursos cortos demasiado especializados que luego no tienen demanda y generan desempleo y frustraciones. Se da en muchos países, incluida ahora China, donde se podría suponer que estas cosas están muy reguladas.

B.- Se deberá exigir que el nivel de los cursos sea razonablemente parejo en todos los centros, que se dicten los cursos en una extensión razonable, que sean del nivel requerido para luego permitir la movilidad de estudiantes entre los distintos centros que se menciona en un punto anterior. Al presente, esto no se cumple entre los actores actuales.

Un profesor de una institución universitaria no se genera fácilmente. Seguramente el entrenamiento de los docentes en calidad y cantidad va a ser otro punto crítico, en particular teniendo en cuenta el punto B anterior.

¿Cómo ve al ingeniero inserto en la sociedad actual?

Lo veo con herramientas necesarias para la toma de decisiones a muchos niveles.
Eso no lo es todo. Sabemos que pocos ingenieros son buenos gerentes, así como los médicos no son, las más de las veces, buenos administradores de hospitales.
Para pasar a una posición gerencial, política, se necesitan otras cualidades e intereses, que un ingeniero podrá tener o no. Pero sí tiene muchas herramientas disponibles.

¿Por que eligió la rama de ingeniería a la cual dedicó su carrera? Si hubiera habido limitaciones, ¿hubiera elegido otra?

Me seducían la física y las matemáticas más afines a la Ingeniería Eléctrica. Además, había en el momento una explosión en el desarrollo de dispositivos y de teorías disponibles para el desarrollo de sistemas electrónicos cada vez más sofisticados, confiables e inteligentes.
Ambos puntos eran fascinantes.

De muy joven, soñaba con ser ingeniero mecánico. Estoy seguro de que hubiera cursado Ingeniería Mecánica con el mismo entusiasmo.

Si no fuera ingeniero, ¿que hubiera sido?

Creo que hubiera estudiado Física. ■

Ing. Industrial Néstor Macé

Entrevista al Ingeniero Destacado 2012:
Ing. Civil Ruperto Long



La Señora Ing. Susana Galli recibie el reconocimiento al Ingeniero Destacado 2012 en nombre de su esposo el Ing. Ruperto Long por el Ing. Marcelo Erlich, presidente de la AIU

Dado que no se están recibiendo la cantidad suficiente de ingenieros por año, que acompañe el desarrollo del país, ¿como incentivaría el estudio de ingeniería en Uruguay?

Para cosechar más vocaciones, hay que sembrar en la primera edad. La curiosidad por descubrir, por investigar, o la pasión por construir, por crear, se despiertan muy temprano. Cuando llegamos al Liceo, ya es demasiado tarde. Por tanto, para levantar la lápida que pesa sobre la ingeniería como algo aburrido y demasiado complicado, en la que ¡para colmo! hay que padecer la "insufrible" matemática, es necesario demostrar que se trata de algo divertido, entretenido, lleno de creatividad. Es por eso que han aparecido en muchos lugares los museos o espacios interactivos (como el Espacio Ciencia del Latu), donde la aproximación a la ciencia y a la tecnología se produce a través del juego y la creación, en un marco de color y alegría. También los medios audiovisuales y los videojuegos pueden lograr un acercamiento similar. Esa es la pequeña llama, que luego puede dar paso al gran fuego de la pasión por la ingeniería, parafraseando a Dante; y ese es el tiempo de encenderla.

Dado que es necesario incrementar el porcentaje egresados/ingresados, ¿que propondría Usted ?

No veo soluciones milagrosas. Un buen programa de becas para estudiantes de los primeros años de la carrera siempre ayuda, sobre todo para aquellos más urgidos por trabajar dada su situación económica. Y en el otro extremo, al menos en el ámbito del Estado, debe existir un adecuado reconocimiento en términos de remuneración para quienes finalizan la carrera.

¿Como entiende se podría estimular que el Uruguay se transforme en un polo de investigación y desarrollo tecnológico?

Digamos primero que lo que se plantea es un objetivo muy ambicioso. ¡Qué país no quisiera ser un polo tecnológico, en un mundo en que la tecnología parece gobernarlo todo! Pero a renglón seguido digamos

también que, para el Uruguay, es un objetivo alcanzable. Para ello se requiere instrumentar un vasto paquete de medidas (¡esto solo daría para un artículo completo!), pero voy a señalar ahora al menos un par de conceptos centrales.

Uno: la inversión en ciencia y tecnología que se establezca en el Presupuesto Nacional tiene que tener otra magnitud. Los países que son polos de investigación y desarrollo destinan del orden del 3% de su PBI a este campo. Algunos todavía más. Nosotros (al igual que toda América Latina) andamos por el 0,5%. Podemos alcanzar –y lo hemos hecho- algunos éxitos parciales. Pero para transformarnos en un verdadero polo de investigación y desarrollo, con estos valores estamos fuera de la conversación.

Dos: es necesario que el sector privado invierta más en CyT. Y en una economía de mercado, eso se logra mediante estímulos. Y los estímulos, al final, de un modo u otro, son fiscales. En pocas palabras: deben existir instrumentos que le brinden mejores condiciones impositivas a quienes más inviertan en CyT.

¿Cual es el papel que debe jugar la AIU en las decisiones de infraestructura en Uruguay?

No pienso que la AIU deba opinar sobre todas las decisiones de infraestructura en Uruguay, en paralelo con los organismos responsables de las mismas, porque estaríamos en un caos. Pero sí me parece que en aquellas decisiones de mayor importancia, las que van construyendo el país del futuro, debe participar. Estudiando los temas en profundidad y solicitando ser escuchada, en los ámbitos de más alto nivel. Y sin esperar que la vengan a buscar. El mundo político es muy duro: ni a De Gaulle, en su apogeo, lo fueron a buscar...

¿Esta de acuerdo con la Universidad Tecnológica? ¿Piensa que la formación académica de los docentes puede ser una limitante?

Estoy de acuerdo con el concepto, en su formulación general. Más: considero que aquí tenemos un tema de amplia coincidencia a nivel nacional. De cómo se implemente en la práctica dependerá su éxito, y para ello falta bastante. Y por supuesto que la formación académica de los docentes va a ser una limitante. Como hoy tenemos una enorme carencia de docentes de secundaria. Pero igual hay que seguir adelante, más allá de todas las limitaciones.

¿Como ve al ingeniero inserto en la sociedad actual?

Pienso, como lo dije cuando la Asociación de Ingenieros me hiciera el honor de otorgarme el reconocimiento como Ingeniero Destacado del 2012, que "hay ciertas cualidades de nuestra profesión que se necesitan –casi diría que con desesperación- en la sociedad que nos toca vivir. A vía de ejemplo: la capacidad de organizar (en instituciones públicas y privadas cada día más complejas), la vocación por ejecutar, construir, ver resultados (en una sociedad demasiado afecta a los diagnósticos y los discursos, y corta a la hora de las concreciones), o el entusiasmo por la innovación (en una nación demasiado estática frente al vértigo de los cambios mundiales)".

Sin embargo, también pienso que en Uruguay el ingeniero todavía está lejos de ocupar el espacio que debería. En el ámbito político, por ejemplo, su participación es mínima. Y conste que ya hace muchos años que Halty Carrere acuñara el concepto de que en el mundo moderno los sueños políticos solo son posibles mediante la ciencia y la tecnología. En el mundo de la empresa y los negocios su presencia es mayor que antes, pero todavía muy lejos de lo que acontece en Chile, por ejemplo.

¿Por que eligió la rama de ingeniería a la cual dedico su carrera? ¿Si hubiera habido limitaciones hubiera elegido otra?

Por el componente creativo que posee, que siempre me apasionó. Imaginar proyectos en un papel, y luego verlos transformados en realidad, es algo maravilloso. Crear y construir algo, donde antes no lo había. Es fascinante. Ahora no me imagino trabajando en ninguna otra rama; pero estoy seguro que si hubiera tenido que hacerlo, por cualquier razón, también habría tenido muchas satisfacciones, porque las bases conceptuales son las mismas.

Sino fuera ingeniero, ¿que hubiera sido?

Escritor, sin duda. No incluyo aquí mi otra actividad principal, en el ámbito político, porque no la considero una profesión. Pienso que colaborar en la vida pública, con mayor o menor entusiasmo o dedicación, es una obligación de todo ciudadano. Una obligación de servicio. Porque todos necesitamos de una comunidad que funcione mejor. Y no me parece bien sentarse en el cordón de la vereda y ver como los que se complican la vida son otros. Ahora, para poder ser de alguna utilidad en los temas de la vida pública hay que prepararse, tener una profesión o un oficio. Saber de algo. Talentear no es una profesión. ■

Ing. Civil Ruperto Long

Implementación de un Control Automático de Generación en Uruguay

Resumen

En este artículo se resume la implementación del Control Automático de Generación (AGC por su sigla en inglés) del nuevo sistema SCADA / EMS (Energy Management System) que se encuentra instalando UTE, con el propósito de mejorar la regulación secundaria de frecuencia en Uruguay. El incentivo principal que tiene UTE para implementar un AGC es el gran aumento de generación eólica que se prevé instalar en el país. El AGC es una herramienta eficaz para compensar la variabilidad e intermitencia en la producción total de los parques eólicos. Un reto operacional importante es el modelado y control de Salto Grande, central de generación hidráulica de gran tamaño que se encuentra en la frontera entre Uruguay y Argentina, y es de propiedad compartida entre ambos países.

Introducción

El parque de generación en Uruguay es predominantemente hidráulico. Las centrales hidráulicas propias de UTE se encuentran sobre el Río Negro y la central binacional de Salto Grande, está ubicada sobre el río Uruguay, en la frontera entre Uruguay y Argentina. Los derechos de propiedad de la central de Salto Grande se dividen en partes iguales entre ambos países. Las centrales térmicas se encuentran en el sur del país donde se concentra la mayor parte de la demanda (70%). Existen recursos adicionales que se basan en generación eólica, biomasa y cogeneración. Estas plantas se operan de manera autónoma. Para los próximos cuatro años está prevista una ampliación del parque generador de Uruguay:

- La capacidad de generación eólica llegará a 1.200 MW. Se instalarán parques eólicos de 50 MW distribuidos en todo el país.
- Se aumentará la capacidad de generación térmica con la instalación de una planta de ciclo combinado de 500 MW.
- Se pretende alcanzar 300 MW en base a biomasa y cogeneración. Es posible que una parte de esa generación esté sujeta a despacho centralizado.

La Red de Trasmisión de Uruguay está construida en 500 kV y 150 kV, y está estrechamente interconectada con Argentina, constituyendo un único sistema eléctrico. La interconexión entre los dos países se realiza principalmente a través de líneas de 500 kV con una capacidad total de 2.000 MW. Estas líneas transportan la potencia de intercambio entre Uruguay y Argentina más la potencia generada por Salto Grande (ver figura 1).

Tanto Uruguay como Argentina despachan su generación de forma independiente y los intercambios entre los países son ocasionales y de emergencia.

La red uruguaya también se interconecta con Brasil a través de una estación conversora AC-DC-AC de 70 MW, ya que los dos sistemas operan en diferentes frecuencias. Se encuentra en construcción una nueva estación conversora de 500 MW.

En la actualidad, la red de transporte no impone ninguna restricción sobre el despacho de generación en Uruguay.

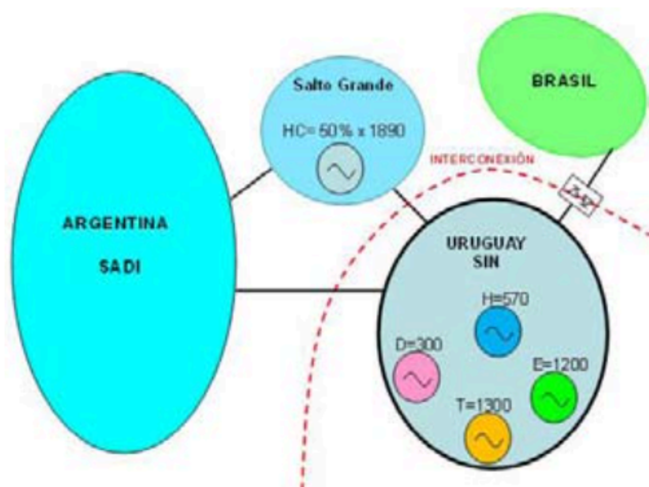


Figura. 1. Esquema simplificado de la interconexión con los países vecinos.

En la figura 1, H representa los 570 MW de potencia instalada de las centrales hidráulicas del Río Negro, E representa los 1200 MW de generación eólica en proyecto, T son los 1300 MW de centrales térmicas (800 MW instalados actualmente más 500 MW del futuro ciclo combinado) y D son los 300 MW de biomasa y cogeneración (instalado y futuro).

Regulación de Frecuencia

Actualmente, la regulación secundaria de frecuencia del sistema la realiza Argentina asignándola a una única central en el caso de Yacyretá o Salto Grande, o al control conjunto de las centrales hidráulicas del Comahue (Chocón, Piedra del Águila, Alicurá). Uruguay participa en la regulación cuando la central asignada es Salto Grande y de forma permanente controlando el flujo de potencia por la interconexión. UTE, como operador del sistema eléctrico uruguayo, en coordinación con CAMMESA (Operador del Sistema Argentino) es el encargado de llevar a cabo los ajustes de generación en tiempo real para mantener el flujo de potencia por la interconexión de acuerdo al programa vigente. La comunicación entre UTE y las centrales de generación se realiza por vía telefónica. En el caso de Salto Grande, los requerimientos de Uruguay se coordinan con CAMMESA y es este último quien se comunica con los Operadores de la central. UTE, en coordinación con CAMMESA, está considerando redefinir la operación de Salto Grande de manera de facilitar la utilización de la reserva rotante disponible en la planta. En las secciones siguientes se describen los cambios previstos.

Configuración del Control Automático de Generación

La función Control Automático de Generación (AGC) regula la potencia de salida de unidades de generación en respuesta a cambios en la frecuencia del sistema, error de tiempo del sistema y el intercambio neto entre áreas a fin de mantener los valores programados. El AGC no arrancará ningún generador. El Despacho Nacional de Cargas de UTE enviará la solicitud de arranque al operador de la central.
Con el fin de regular la potencia de salida de los generadores, la función AGC realiza las siguientes actividades principales:

- Recibir y filtrar la telemetría de frecuencia, error de tiempo, potencia de salida de los generadores, flujo de potencia por las interconexiones y los programas de generación vigentes.
- Calcular el error de control de área (ACE), una medida de la regulación necesaria del sistema.
- Calcular la generación deseada para cada unidad.
- Iniciar y supervisar las acciones de control para cada unidad.
- Monitorear las reservas de generación.

Monitorear y registrar el desempeño del sistema de control.

Datos del Sistema de Potencia Requeridos
Como mínimo, el AGC requiere como entrada los si-

guientes datos del sistema:

- Frecuencia o desviación de frecuencia (Hz), medida en diferentes puntos del sistema.
- Error de tiempo (segundos).
- Flujo de potencia por la interconexión (MW).
- (Opcional) Cargas no conformables (MW) - cargas industriales como hornos de arco.

Datos de Generación Requeridos

Además, el AGC requiere datos de entrada por cada unidad de generación. Se debe notar que una "unidad de generación" en el AGC puede corresponder a una unidad física o una unidad equivalente que representa múltiples unidades físicas. Por ejemplo, una central hidráulica que consta de varias unidades físicas puede ser monitoreada y/o controlada por el AGC como una unidad agregada.

- Potencia Activa de la unidad (MW).
- Estado del interruptor de la unidad (abierto o cerrado).
- Estado del interruptor que indica control local o remoto.
- Señal de Control de la unidad – Requerimientos si la unidad es controlada a través del envío de requerimientos de potencia absolutos o pulsos de control cuando son controladas por pulsos de subida y bajada de potencia.

Los siguientes parámetros son obligatorios para las unidades hidráulicas y opcionales para las unidades térmicas, y se definen en función del tipo de unidad:

- Límites de Regulación de máximo y mínimo (MW).
- Límites de las rampas de toma de carga y bajada de carga (MW/minuto).

En el caso de las centrales hidroeléctricas que se modelan como unidades equivalentes en el AGC, las variables analógicas (por ejemplo, los límites de regulación y los límites de velocidad de rampa) deben reflejar la configuración actual de la planta, es decir, el número real de unidades físicas en operación.

Períodos de Medida y Control de AGC

Tanto para la recolección de datos del sistema como de las unidades de generación, el ciclo de medida es de 2 segundos. El ciclo básico de control del AGC es de 4 segundos.

Estrategia de Control del AGC

El AGC de UTE funcionará normalmente controlando el intercambio de potencia entre Uruguay y Argentina más una componente del error de frecuencia correspondiente al sistema uruguayo.

Cálculo del ACE

El AGC funcionará normalmente en el modo Tie Line Bias (TLB), donde se calcula el error de control de área (ACE) como una combinación lineal de la desviación de frecuencia y la desviación del intercambio:

$$ACE_{TLB} = ACE_{CF} + ACE_{CNI}$$

La componente de control de frecuencia del ACE se calcula como sigue: $ACE_{CF} = -10B_f * (fa - fs)$

Donde:

B_f = Bias de Frecuencia (MW/0.1Hz)
fa = frecuencia actual del sistema (Hz)
fs = consigna de Frecuencia Programada (Hz)

La componente del control de intercambio del ACE se calcula como sigue: $ACE_{CNI} = (Ia - Is)$
Donde:

Ia = Intercambio Neto Actual (MW) - Suma de todos los flujos en las líneas de interconexión. Posteriormente se describe la corrección asociada a la central de Salto Grande.
Is = Intercambio Neto Programado (MW).

La ecuación anterior tiene más términos que contemplan distintas variables que pueden intervenir en el cálculo del desvío del intercambio y que dan más flexibilidad al control. Se omiten en este artículo para facilitar su interpretación.

Cálculo del Bias de frecuencia

El Bias de frecuencia en el término ACECF se actualiza automáticamente en función de la carga del sistema y de las contribuciones de las unidades generadoras. En el AGC de UTE, este término reflejará la parte uruguaya del sistema interconectado:

$$B_f - D + \sum_{i=1}^{nCk} \frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_c}$$

Donde:

D: (MW/0.1Hz) contribución debido a la respuesta casi lineal de la carga del sistema con la frecuencia.
1/Ri: (MW/0.1 Hz) contribución de las unidades incluidas en el modelo del SCADA del sistema de potencia (estatismo de las máquinas).
1/Rc: (MW/0.1 Hz) contribución de las unidades no incluidas en el modelo del sistema (estatismo equivalente).
n = Conjunto de unidades generadoras actualmente en servicio.
k = Conjunto de todas las unidades generadoras en el zona de control del AGC.

Filtrado del ACE

Con el fin de minimizar las acciones de control innecesarias a las unidades de generación, el AGC realiza un filtrado no lineal adicional del ACE para lograr los objetivos siguientes:

- Prevenir que ocurran escalones en el ACE mediante el uso de filtros exponenciales y promedios.
- Ignorar valores grandes pero de corta duración mediante el uso de filtros exponenciales y promedios.
- Ignorar pequeños valores aleatorios asociados a ruido a través del uso de un umbral mínimo de ACE.
- Corregir valores de ACE pequeños pero persistentes a través de la utilización de un filtro integral.

Los parámetros del filtro son sintonizables y permiten adaptar el grado de filtrado acorde a la calidad de los datos de telemetría y a las necesidades del Sistema de Potencia.

Consideraciones Particulares para el Cálculo del Intercambio ente Uruguay y Argentina

Como se ilustra en la Figura 1, la central de Salto Grande se encuentra físicamente fuera de los límites de la zona de control uruguayo y además la potencia generada es inyectada en la propia interconexión. Por esta razón, el intercambio real entre Uruguay y Argentina no se puede medir, sólo puede ser calculado.

Como se ilustra en la figura 2, el intercambio real entre los dos países (P_{A-U}) se calcula como la diferencia entre el flujo de potencia medido en la interconexión (I_{SG-U}) menos la porción uruguaya de la potencia neta generada por Salto Grande (P_U).

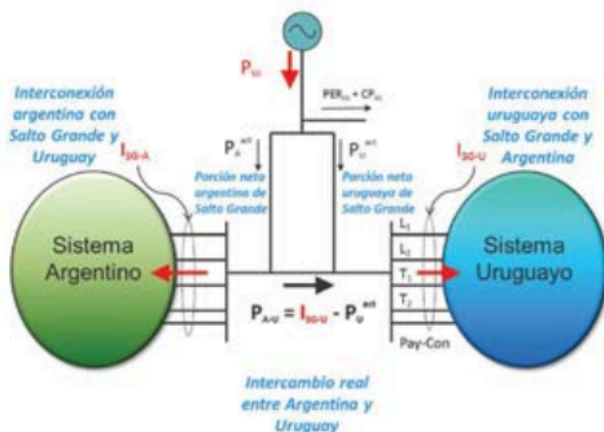


Figura. 2. Ubicación de la central de Salto Grande, en la frontera entre Argentina y Uruguay.

El desvío entre el intercambio real calculado y el intercambio programado es uno de los componentes del error de control de área (ACE).
La porción uruguaya de la producción total de Salto Grande (P_U) tampoco se puede medir y debe ser calculada por el sistema SCADA de la planta y enviada al sistema SCADA de UTE a través de un enlace ELCOM.
UTE decidirá la conveniencia de incorporar la futura interconexión con Brasil (en construcción) en el control AGC, posiblemente como una programación dinámica.

Control de Salto Grande

La inclusión de la generación de Salto Grande bajo control del AGC de UTE es muy importante debido a que la potencia instalada en esa central representa una parte importante de la potencia hidráulica disponible para Uruguay. Sin embargo, su naturaleza de central de propiedad compartida exige el acuerdo de ambos propietarios. Actualmente las gestiones para ello se encuentran avanzadas, pero no concluidas. Se espera que este proceso termine con el acuerdo para la incorporación de la parte uruguaya de Salto Grande bajo el control del AGC pues ello resultará en un mejor funcionamiento del sistema para todas las partes. El funcionamiento previsto en ese caso sería el que se describe a continuación. El AGC de UTE enviará la generación deseada a Salto Grande a través del enlace de datos con el AGC del sistema SCADA de la planta. Para activar este control, el sistema de control de la planta debe proporcionar la funcionalidad descrita en las tres secciones siguientes.

Consolidación de los Requerimientos

El sistema SCADA de Salto Grande deberá sumar la potencia deseada por Uruguay (PUdes) con la potencia deseada por Argentina (PAdes), para determinar el requerimiento total de la central.

Los requerimientos que el AGC de UTE enviará a Salto Grande y al resto de las centrales controlables estarán en MW brutos.

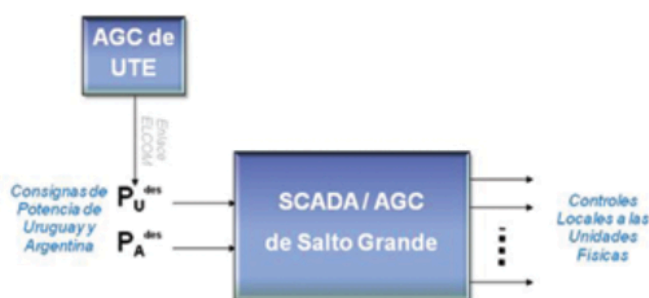


Figura. 3. Consolidación de los requerimientos para Salto Grande.

Cálculo de la potencia asignada a Uruguay y Argentina

El sistema SCADA de Salto Grande repartirá la potencia total de la central entre Uruguay y Argentina. Esta distribución de potencia se ilustra en la figura 4, y tendrá en cuenta el comportamiento dinámico de la central frente a los requerimientos provenientes de ambos países.
Los valores resultantes se envían al sistema SCADA de UTE y a CAMMESA a través de los canales de comunicación respectivos.

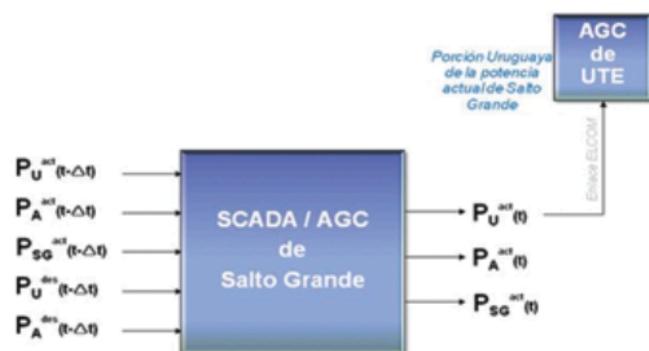


Figura 4. Reparto de la potencia de Salto Grande.

Control de las Centrales Existentes

Algunas de las centrales existentes de UTE, hidráulicas y térmicas, se adaptarán progresivamente para permitir que funcionen bajo el control automático del AGC. La prioridad inicial serán las centrales hidráulicas del Río Negro y las centrales térmicas de arranque rápido (turbinas de gas, ciclos combinados y motores). Las centrales hidráulicas del Río Negro se controlarán como unidades equivalentes, las unidades físicas serán controladas por el SCADA local de la planta. Las plantas térmicas se controlarán como unidades físicas.
La Figura 4 ilustra la estrategia de control del AGC de UTE.

El error de control de área (ACE) se filtra antes de ser utilizado para calcular los ajustes deseados para la generación de cada una de las centrales controlables.



Figura. 5. Control de las centrales existentes.

Conclusiones

La implementación del AGC que está instalando UTE, requerirá del acuerdo con el operador del sistema argentino (CAMMESA) y el de Salto Grande, en la definición y método de cálculo de determinadas variables que actuarán sobre los requerimientos de la central de propiedad compartida Salto Grande. Entre estos acuerdos se destaca el algoritmo propuesto por UTE sobre el cálculo de la potencia que Salto Grande asignará a cada país, como resultado de un cambio en la potencia generada por dicha central. En la etapa actual del proyecto, es inminente un acuerdo en este aspecto dando lugar así a la presentación de esta propuesta a Salto Grande y posterior implementación de este algoritmo fuera de línea, a fines de 2012. Paralelamente, se acordará con CAMMESA la definición de índices que permitan evaluar el desempeño del AGC. Otro aspecto relevante está relacionado con la sintonización del AGC, para lo cual se está trabajando en UTE en la construcción de un modelo matemático que represente adecuadamente este control, integrando los modelos de ambos sistemas uruguayo y argentino, el algoritmo de asignación de potencia de Salto Grande y el filtro de la variable de control ACE. Esto permitirá testear y calcular los principales parámetros del AGC. ■

Referencia:

Implementation of AGC in Uruguay – Operational Challenges and Solution Approach
Jorge Naccarino (Ventyx, an ABB company), Nicolás Yedrzejewski (UTE)
IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America, 2012. Renewable Energies in a Developing Continent. Montevideo, Uruguay – 2012

Autor:

Gerencia de División Despacho Nacional de Cargas y Planificación de la Explotación y Estudios – UTE



Eventos realizados en la AIU en 2012

Conferencias

21/6/2012	La TV Digital en Uruguay. Marco regulatorio en la transición a la TV Digital.	Ing. Eduardo Seijas, Ing. Sergio De Cola
9/8/2012	Gestiones ante diversos organismos públicos como profesionales independientes.	Cdra. Belén Olhausen, Cdra. Eugenia Gonzalez
16/8/2012	Exploración petrolera costa afuera (offshore) en Uruguay.	Sr. Néstor Perez, Ing. Q. Pablo Gristo
5/8/2012	Eficiencia Energética y sustentabilidad en la construcción.	Arq. Sofía Sáez, Sr. Mauricio Nesteruk
27/9/2012	Hablemos de Fútbol.	D.T. Gonzalo Ribas
12/10/2012	Marco regulatorio en Uruguay, base de sustentación para el desarrollo.	Ing. Daniel Greif, Ing. Fernando Hernández
12/11/2012	Perspectiva de la Industria Forestal en Uruguay y el rol de los RRHH.	Ing. Forestal Roberto Scoz, Ing. Ind. Gabriel Pisciottano
16/11/2012	Seguridad en operaciones de Izaje.	Ing. Ind. Marcelo Molina (Argentina), Ing. Ind. Sergio Faijóo (Argentina)
10/12/2012	Breve descripción de herramientas en relación a seguridad, calidad, medición y control.	Ing. Niber Panuncio, Ing. Tadaaki Hirano (Japón)
18/12/2012	Seguridad en Operaciones de Izaje 2da edición.	Ing. Ind. Marcelo Molina (Argentina), Ing. Ind. Sergio Faijóo (Argentina)

Sociales

12/10/2012	Día del Ingeniero. Se realizó un homenaje a la trayectoria del Ing. Arandú Cabrera
23/11/2012	Fiesta de Fin de Año

Nuevo IEEE Milestone: La Represa y el Sistema de Trasmisión de Rincón del Bonete en Uruguay.



Reconocimiento Mundial a la Ingeniería Nacional

Los "IEEE MIlestone" son reconocimientos a obras que han tenido singular trascendencia en el desarrollo y progreso de las Electrotecnologias y a la vez que por su efecto positivo sobre el bienestar humano. La Seccion Uruguay nomino la represa de Rincon del Bonete y el IEEE (The Institute of Electrical and Electronic Engineers - Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electronica) aprobo recientemente esta importante distinction internacional para la Ingenieria Uruguaya. [http://www.ieeeghn.org/wiki/index.php/Milestone-Nomination:Rincon_del_Bonete_Hydroelectric_Plant_and_Transmission_System]

Este es el cuarto "IEEE Milestone" en latinoamerica. Los otros han sido la hidroelectrica de Chivilingo (Chile, 1897), el sistema de control del Canal de Panama (1914) y el radiotelescopio de Arecibo (Puerto Rico, 1963),

El pasado 14 de Diciembre, en Rincon del Bonete, con la presencia de altas autoridades del IEEE Mundial y el Presidente de UTE, se descubrio la placa de bronce que testimonia este reconocimento.

Un poco de Historia

Ya desde los albores del siglo pasado, tras la vision del Ing. Victor Soudriers, varios proyectos, tanto uruguayos como franceses, norteamericanos y alemanes habían estudiado el aprovechamiento de las aguas del Rio Negro para la generación de energía eléctrica.
Varias décadas de estudios, proyectos y discusiones culminaron a principios de los años 30 con la decisión del gobierno nacional de realizar esa importante obra pública. Ella disminuiría la dependencia del país del carbon que constituía entonces la base de nuestra matriz energética y abriría las puertas al desarrollo y progreso en la calidad de vida de todo el país.

Se inicia la Construcción

Tras una licitación pública, en 1937 se adjudico a un consorcio alemán liderado por Siemens la construcción de la primera represa sobre el Rio Negro, en Rincon del Bonete, pocos kilómetros aguas arriba de la ciudad de Paso de los Toros. Ese proyecto original del Ing. Adolfo Ludin, preveia la formacion de un gran lago artificial, y un sistema de trasmision de 160 KV y 242 Km de longitud que uniria a la central hidroelectrica de 128 MW al centro de consumo en Montevideo.



El Uruguay se embarcaba en un proyecto inédito en la historia del país, por su monto y su trascendencia. El 18 de mayo las obras comenzaron en medio de una fiesta popular en la vecina Paso de los Toros. Un telegrama del gobierno alemán felicitaba al uruguayo por la concreción del proyecto. La puesta en servicio estaba prevista para el año 1942.

Estalla la segunda guerra mundial y la marina inglesa torno imposible la llegada al país de las turbinas, generadores y tranformadores que estaban siendo fabricados en Alemania. La construcción de la represa propiamente dicha estaba avanzada; la "RIONE" -(Comision Tecnica y Financiera de las Obras Hidroelectricas del Rio Negro) que tenia a su cargo la supervision del contrato, acepto el desafio y se aboco a la terminacion de los trabajos. Resolviendo asi las necesidades energeticas del pais que la propia guerra habia agudizado con la escasez de combustible. El liderazgo y dedicacion del Ing Luis Giorgi, quien habia abandonado el decanato para pasar a ser el Director Tecnico de la obra fue decisiva.

Ingenieros Uruguayos a cargo

Se eligió un grupo de 5 jóvenes ingenieros egresados de la flamante carrera de "Ingenieria Industrial", se los envio a Estados Unidos a estudiar, perfeccionarse y trabajar en la reformulacion del proyecto empleando equipamiento fabricado en los Estados Unidos. Entre ellos Ingenieros Antonio De Anda, Franco Vazquez Praderi (IEEE LS) y Juan Carlos Rezzano.

Habia una represa de hormigon armado, en su mayor parte ya construida para maquinas alemanas y era necesario elegir y adaptar lo que la industria norteamericana podia suministrar. Eran necesarios solidos conocimientos y una gran dosis de inventiva e ingenuidad, es decir, la mejor Ingenieria. El estado de guerra hacia imposible preguntas a los proyectistas alemanes.

Cumplida exitosamente esas tareas, y logrados también los necesarias permisos y prioridades de fabricación y exportación (en tiempo de guerra, el cobre y el acero eran materiales estratégicos), esos ingenieros retornaron al país a encargarse del montaje y puesta en servicio de turbinas, generadores, transformadores y lineas de trasmision. Y de instruir a paisanos para realizar esos trabajos.

Aqui en Uruguay otros profesionales de la RIONE se habian encargado ya de terminar la construccion de la obra civil. Durante el montaje final, unicamente dos inspectores de los fabricantes Allis Chalmers y General Electric (por las turbinas hidraulicas y alternadores electricos) estuvieron presentes en sitio para ratificar que los trabajos efectuados por nuestros técnicos y obreros, cumplian las condiciones para la garantia de los fabricantes.

Puesta en Funcionamiento

Completado el montaje de la primera unidad y el tendido de la primera linea de trasmision, en la madrugada del 21 de Diciembre de 1945, se apagaron las luces en Montevideo y se dividio la ciudad en dos partes: una que iba a ser alimentada por esta usina de Rincon del Bonete, y la otra con la central termica "Santiago Calcagno". Largos años de guerra y el empleo de combustibles de baja calidad hacian impostergable el mantenimiento de la sobrecargada usina termica, y obligaron a esta forma de funcionamiento, no prevista en el proyecto original.

El Ing. uruguayo Victor Soudriers, quien en 1904 habia concebido la idea y el primer proyecto de aprovechar el potencial hidroelectrico del Rio Negro, fue invitado a efectuar la conexión y energia hidroelectrica, limpia, fluyo desde el centro del pais hacia Montevideo.
Luego el 26 de diciembre se celebro la ceremonia oficial de inauguración, en presencia de autoridades nacionales y con un discurso del embajador de Estados Unidos, cuya ayuda había hecho posible la concrecion de la obra.

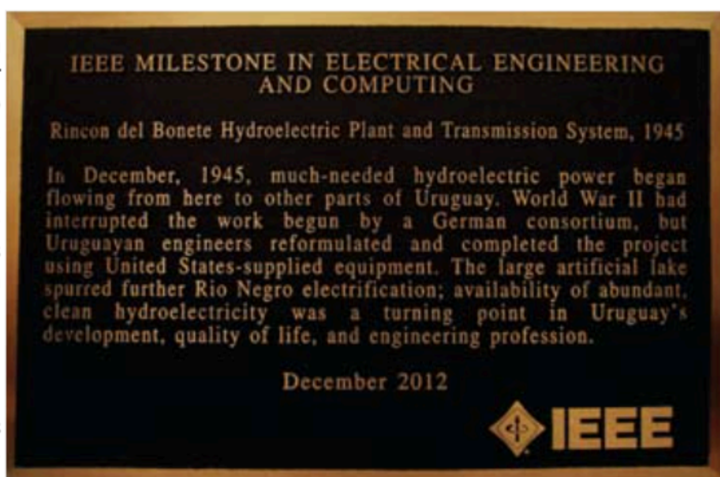
Desarrollo en todo el Rio Negro

En los tres años siguientes se completaron los trabajos con las otras 3 unidades generadoras, de 32 megawatios cada una, así como la segunda linea de trasmision -que daba seguridad al transporte de energía. También se completaron la sub-estación "Norte" de llegada de las lineas y el anillo colector de cables de alta tensión en la ciudad de Montevideo.
En abril de 1959, la creciente del rio supero ampliamente todas las previsiones del proyecto. Las aguas desbordaron el dique e inundaron la sala de maquinas; por prácticamente un año estuvo fuera de servicio la central. Sin embargo, dando prueba de su excelente construcción, la represa se mantuvo firme, mitigando la creciente y salvando a las ciudades ribereñas de Paso de los Toros y Mercedes de lo que hubiera podido llegar a ser una tragedia.
Años después, se dio el nombre de "Gabriel Terra" a la central, en reconocimiento a quien, desde el gobierno, tomo la decision final y dio el empuje para la realizacion de la obra.
Aprovechando el efecto regulador del gran lago artificial, aguas abajo se han construido tambien la central de Baygorria y luego Palmar. Totalizando mas de 500 MW hidro-electricos que durante años han proporcionado energia limpia y barata para todo el Uruguay,



evitando costosas importaciones de combustible, y constituyendo un importantisimo factor de desarrollo del pais y bienestar para su poblacion. ■

Juan Carlos Miguez, IEEE Uruguay



Traduccion de la placa conmemorativa:

" MILESTONE DEL IEEE

Represa hidroeléctrica y sistema de transmisión Rincón del Bonete

En diciembre de 1945, la tan necesaria energía hidroeléctrica comenzó a fluir desde aquí a todo el Uruguay. La Segunda Guerra Mundial había interrumpido los trabajos y el suministro de equipos por el consorcio alemán. Ingenieros uruguayos reformularon y completaron el proyecto, usando equipamiento proveniente de los Estados Unidos. El gran lago artificial impulso aún mas el aprovechamiento hidroelectrico del Río Negro; la disponibilidad de energía hidroeléctrica, limpia y abundante, fue pivotal en el desarrollo del Uruguay, la calidad de vida y resalto la profesión de la ingeniería nacional.

Diciembre 2012 ".



Comprometidos con la tarea de construir

En su plan de desarrollo, Sika llega a Uruguay en 1958. Dando inicio a una etapa de reconocimiento y crecimiento a nivel profesional. Edificios, represas, puentes, puertos, aeropuertos, carreteras y reciclajes de diferentes dimensiones han recibido la participación de Sika durante estos 55 años.
Hoy en día, el constante crecimiento y las perspectivas de futuro, han llevado a una importante inversión en la ampliación de su planta de producción y almacenamiento con un incremento de más de 100% en la capacidad de producción de morteros, aditivos, impermeabilizantes y membranas líquidas, duplicándose la capacidad de almacenamiento de productos terminados.

Sika Crece para ayudar a Crecer



Av. José Belloni 5514
CP 12200 Manga
Montevideo · Uruguay
Tel: 2220 2227* Fax: 2227 6417
sika@uy.sika.com
www.sika.com.uy







Elecciones
Período 2013 - 2015



Asamblea ordinaria

Jueves 30 de Mayo de 2013

De acuerdo a lo establecido por los artículos 14, 15 y 38 de los Estatutos la Comisión Directiva convoca a Asamblea Ordinaria y acto electoral para los días 30 y 31 de Mayo de 2013.

De acuerdo al artículo 21 del Reglamento General se establece que la recepción de listas se efectuará hasta el día 30 de abril de 2013 y que el cierre del padrón electoral será el día 27 de marzo de 2013.

INSTALÁ UN CALENTADOR SOLAR Y EMPEZÁ A AHORRAR

Aprovechá bien el sol y disfrutá del agua caliente gastando menos electricidad.

BONIFICACIÓN:

U$S 1000

en 24 meses en la factura de UTE*



- Garantía por 5 años en equipo e instalación.
- Financiación opcional del BHU hasta en 60 cuotas.
- Seguro incluido del BSE contra hurto, vandalismo, daños a terceros y clima.

Informate en: www.ute.com.uy Plan Solar
Telegestiones: 0800 1930 desde un teléfono fijo
*1930 desde cualquier celular.



Disfrutá con responsabilidad. Cuidemos el agua.

 MIEMDNE  BHU  ursea

* Descuento mensual para los primeros 2.000 equipos. T.C. $ 20,5. Impuestos incluidos. Válido para calentadores de agua certificados por el Plan Solar.